

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Perkerasan

Seperti yang terdapat pada buku berjudul Bahan dan Struktur Jalan raya, menurut Suprpto (2000: 1) Lapis teratas badan jalan, bisa juga disebut sebagai lapis tambahan yang berada di antara tanah dan roda diperlukan karena tanpa adanya deformasi yang berarti, tanah pada umumnya tidak akan kukuh dan juga kuat kepada beban roda yang berulang. Maka dari itu, diperlukan bahan khusus yang terpilih dapat dijadikan sebagai lapis tambahan, yang disebut sebagai lapis keras/perkerasan *pavement*.

Biasanya perkerasan yang tak mahal, mencakup bahan maupun biaya pelaksanaan menimbang volume pekerjaan jalan menjadi pilihan utama. Namun tuntutan lalu lintas haruslah bisa terpenuhi.

Cakar Ayam, perkerasan beton prestress, perkerasan komposit dan conblock adalah bentuk-bentuk perkembangan konstruksi perkerasan walaupun konstruksi perkerasan pada awal mulanya hanya terbagi menjadi dua yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*).

2.2 Perkerasan Jalan Raya

Perkerasan jalan menurut Hamirhan (2004: 1) adalah komponen dari sebuah jalur lalu lintas. Kemudian, penampang melintang jalan adalah merupakan penampang struktur dalam keadaan sentral di badan jalan. Dikarenakan bagian ini merupakan tumpuan dari sebuah lalu lintas, maka bisa dikatakan ini adalah jantung dari sebuah konstruksi jalan. Maka dari itu, arus lalu lintas akan berjalan dengan baik jika perkerasan pun dalam keadaan bagus, begitu juga sebaliknya.

Menurut Alamsyah (2001: 99) Menerima dan mendistribusikan beban lalu-lintas merupakan tugas lapisan perkerasan tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan yang berarti. Oleh itu pengemudi mendapatkan kenyamanan selama masa pelayanan jalan tersebut. Maka fungsi pelayanan konstruksi perkerasan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti bentuk geometric lapisan perkerasan, kinerja perkerasan, sifat tanah dasar, fungsi jalan, umur rencana, kondisi lingkungan, lalu

lintas yang merupakan beban dari perkerasan serta bahan material dan sifatnya tersedia di lokasi perlulah dipertimbangkan didalam sebuah perencanaan.

Menurut Tenriajeng (2000:1) agregat dan bahan ikat merupakan campuran perkerasan jalan yang dipakai untuk menahan beban lalu lintas. Batu kali dan batu belah merupakan salah satu dari agregat yang digunakan. Selain dari itu bisa digunakan batu pecah dan hasil samping peleburan baja. Seterusnya, semen, tanah liat dan aspal merupakan bahan ikat yang digunakan. Sedangkan pembagian jenis lapisan perkerasan berdasarkan bahan ikat terbagi menjadi 2 yaitu perkerasan lentur dan kaku.

2.3 Klasifikasi dan Fungsi Jalan

2.3.1 Berdasarkan Fungsi atau Peranan

Menurut Hamirhan (2004: 3) fungsi atau peranan terbagi kepada 2 klasifikasi jalan. Jaringan jalan primer dan sekunder merupakan bagian dari klasifikasi jalan tersebut. Kemudian, dari 2 klasifikasi jalan tersebut terbagi lagi menjadi 3 bagian yaitu arteri, kolektor dan juga lokal.

2.3.1.1 Sistem Jaringan Jalan Primer

Simpul-simpul jasa distribusi di dalam struktur pengembangan wilayah disatukan oleh jalan di dalam sistem jaringan jalan primer. Berikut ini merupakan syaratnya:

- i) Jaringan jalan primer merupakan penyatuan oleh persil kota tahap kesatu terus berlanjut pada kedua, dan tahap dibawahnya secara kontinu di dalam satu satuan wilayah pengembangan
- ii) Kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu dihubungkan oleh sistem jaringan primer di antara satuan wilayah pengembangan. Kota tahap 1 dengan kota tahap 1 lainnya disambungkan oleh sistem jaringan primer di antara satuan wilayah pengembangan

Penyusunan sistem jaringan primer adalah dengan menyambungkan antar simpul servis distribusi dengan mematuhi pengarahana tata ruang dan struktur pengembangan wilayah peringkat nasional. Berikut adalah penyusunannya:

a) Jalan Arteri Primer

- 60 km/jam kecepatan terendah merupakan landasan untuk mendesain jalan arteri primer
- Lalu lintas bolak-balik, lalu lintas lokal maupun aktivitas lokal tidak boleh mengganggu lalu-lintas jarak jauh.
- Volume untuk lalu lintas secara rata-rata lebih kecil dari kapasitas.
- Kecepatan dan volume lalu lintas merupakan ketentuan yang harus dipenuhi oleh persimpangan pada jalan Arteri Primer
- Lebih dari delapan meter merupakan lebar badan jalan yang harus dipenuhi
- Laju 60 km/jam dan daya muat besar tetap terwujud karena total jalan masuk ke jalan Arteri Primer, dibatasi secara efisien

b) Kolektor Primer

- 40 km/jam kecepatan yang direncanakan merupakan landasan untuk mendesain kolektor primer
- Lebar badan jalan harus lebih dari 7,00 meter.
- Volume untuk lalu lintas secara rata-rata harus sama atau lebih kecil daripada kapasitas
- Kecepatan paling rendah 40 km/jam dapat dipenuhi jika total jalan masuk delimitasi dan dirancang terlebih dahulu
- Tak terpotong biarpun memasuki kota, jalan kolektor primer,

c) Lokal Primer

- 20 km/jam kecepatan rencana paling rendah merupakan landasan untuk mendesain lokal primer
- Lebar badan jalan lebih dari 6m
- Walau memasuki desa Jalan lokal primer tidak terputus.

2.3.1.2 Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Yang dimaksud dengan sistem jaringan jalan sekunder adalah daerah fungsi primer, fungsi kesatu, kedua dan dilanjutkan hingga ke perumahan dalam satu daerah disambungkan oleh suatu jalan

Berikut ini adalah merupakan batasan dari sistem jaringan jalan sekunder yang menuruti keputusan aturan tata ruang kota yang menyambungkan daerah yang ada fungsi primer, sekunder kesatu, kedua dan lanjut hingga perumahan:

a) Jalan Arteri Sekunder

- 30 km/jam kecepatan paling rendah merupakan landasan untuk mendesain jalan arteri sekunder
- Delapan meter lebih merupakan total lebar badan jalan
- Volume dari lalu lintas secara rata-rata sama atau lebih kecil dari kapasitas.
- Tidak kurang dari 30 km/jam merupakan kecepatan yang harus dipenuhi oleh persimpangan jalan dengan pengaturan tertentu.
- Untuk jalan arteri sekunder, lalu lintas yang lambat tak dibenarkan mengganggu lalu lintas cepat

b) Jalan Kolektor Sekunder

- Total lebar badan jalan lebih daripada tujuh meter.
- Landasan yang digunakan dalam mendesain jalan kolektor primer adalah 20 km/jam yang merupakan kecepatan paling rendah

c) Jalan Lokal Sekunder

- Total lebar badan jalan lebih daripada lima meter
- Bukan disediakan untuk jumlah roda tiga ataupun lebih daripada tiga, seraya kecepatan terendah yaitu 10 km/jam
- haruslah memiliki total lebar jalan lebih dari tiga setengah meter.
- 10 km/jam kecepatan paling rendah merupakan landasan untuk mendesain jalan lokal sekunder

2.3.2 Berdasarkan Wewenang Pembinaan

Menurut Alamsyah (2001: 6) terdapat pembagian jalan berdasarkan wewenang pembinaan yaitu:

- a) Berdasarkan Wewenang Pembinaan diantaranya adalah jalan nasional, provinsi, kabupaten, kotamadya, khusus dan juga tol.

2.3.2.1 Jalan Nasional

Implementasi status jalan nasional adalah dengan keputusan menteri. Jalan arteri primer dan kolektor primer turut tergolong di dalam golongan ini. Jalan ini

sebagai jembatan antara ibu kota provinsi dan jalan lain. Selain itu, jalan ini mengantongi nilai strategis untuk keperluan nasional

2.3.2.2 Jalan Propinsi

Keputusan menteri Dalam Negeri dapat memberikan putusan sebuah status jalan provinsi atas tawaran oleh Pemda tingkat satu

Jalan kolektor primer merupakan golongan jalan propinsi yang menyambungkan ibu kota provinsi dengan ibukota kabupaten maupun madya atau juga bisa antara ibu kota kabupaten/kotamadya itu sendiri.

2.3.2.3 Jalan Kabupaten

Sebuah status jalan kabupaten dapat diputuskan oleh Gubernur Kepala Daerah tingkat satu di atas tawaran oleh Pemda tingkat dua.

Dikategorikan sebagai jalan kabupaten apabila kolektor primer yang tidak tercakup sebagai jalan nasional maupun provinsi. Selain itu yang turut masuk dalam jalan kabupaten adalah jalan yang tidak masuk dalam kelompok jalan nasional provinsi dan kotamadya seperti jalan lokal primer dan sekunder serta jalan lainnya.

2.3.2.4 Jalan Kotamadya

Jalan sekunder yang ada didalam kotamadya merupakan jalan yang termasuk dalam golongan jalan kotamadya. Gubernur KDH dapat memutuskan sebuah status jalan arteri sekunder atau ruas jalan kolektor sekunder sebagai jalan kota madya atas tawaran Pemda Kotamadya.

2.3.2.5 Jalan Khusus

Untuk sebuah instansi, badan hukum atau perorangan agar dapat menetapkan sebuah status ruas jalan yang dimiliki menjadi jalan khusus adalah dengan memastikan pedoman yang telah ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum. Jika instansi, badan hukum atau perorangan membangun atau memelihara sebuah jalan dengan tujuan melayani kepentingan masing masing maka jalan tersebut masuk sebagai kategori jalan khusus

2.3.2.6 Jalan Tol

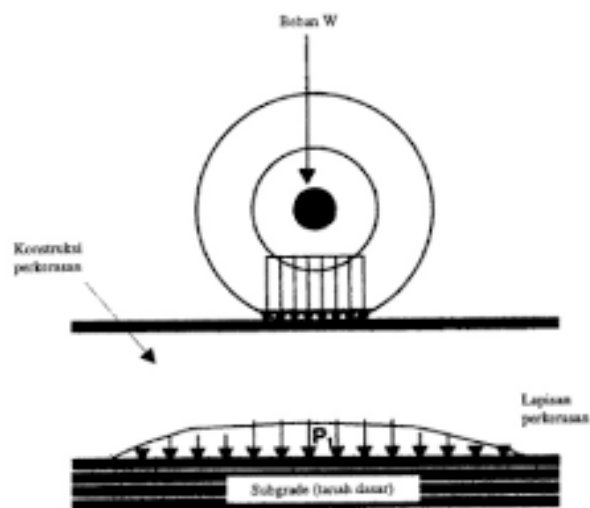
Spesifikasi tinggi melebihi lintas jalan yang umum diperlukan didalam sebuah jalan tol. Seterusnya, keunggulannya haruslah melebihi jalan umum, maka

dapat dirasakan oleh penumpang yang pelaksanaannya diatur Peraturan Pemerintah. Pemerintah merupakan badan yang mempunyai hak penyelenggara dan juga sebagai pemilik atas jalan yang telah dibangun di atas usul menteri. Jalan tol sendiri haruslah sebuah alternatif dari jalan yang sudah ada, dan selanjutnya ruas jalan tol kemudian ditetapkan oleh Presiden.

2.4 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Tenriajeng (2000: 9) di dalam bukunya bahwa perkerasan jalan menerima beban kendaraan melalui kontak roda dalam bentuk beban yang terbagi rata P_0 contohnya pada **Gambar 2.1**, Lapisan permukaan menerima beban tersebut dan kemudian didistribusikan menuju tanah dasar yang seterusnya jadi beban P_1 yaitu daya dukung tanah dasar adalah lebih besar daripada bebas tersebut. Kemudian sebuah konstruksi perkerasan adalah dari beberapa lapisan ditempatkan diatas tanah dasar yang sudah dikompres. Selanjutnya fungsi dari beberapa jenis lapisan itu sendiri adalah untuk menerima beban yang diakibatkan oleh lalu lintas yang kemudian didistribusikan pada lapisan yang ada dibawahnya.

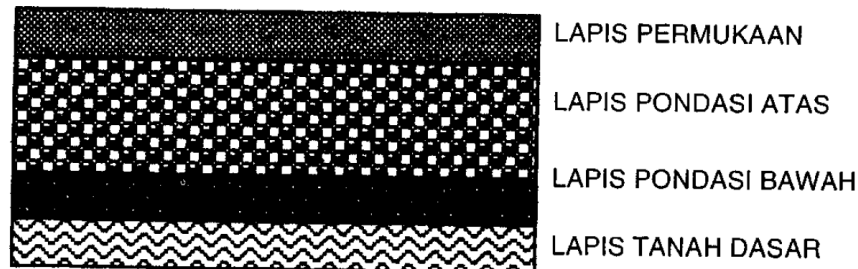
Berikut pada **Gambar 2.2** merupakan 4 bagian dari lapisan-lapisan konstruksi perkerasan lentur jalan raya



Gambar 2.1

Gambar 2.1 Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan

(Tenriajeng, 2000:9)



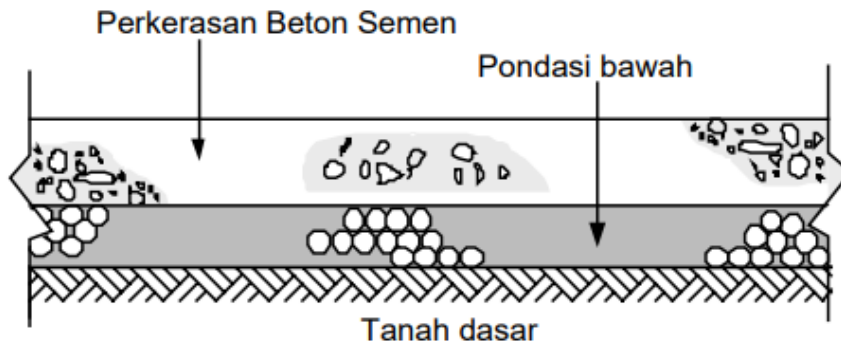
Gambar 2.2 Susun Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur (Tenriajeng, 2000: 10)

2.5 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Menurut Tenriajeng (2000: 8) terdapat jenis-jenis perkerasan kaku. Berikut merupakan contoh perkerasan kaku:

- Perkerasan komposit adalah perkerasan yang sering digunakan sebagai *runway* di lapangan terbang. Perkerasan ini merupakan perkerasan kaku yang lapis permukaannya menggunakan aspal beton dan lapis pondasinya menggunakan plat beton semen.
- Perkerasan dari beton semen terbagi menjadi empat kelompok perkerasan beton semen yaitu bersambung tidak ada tulangan, bersambung ada tulangan, bersambung menerus ada tulangan dan pratekan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003: 7) bahwa terdapat beberapa jenis yang bisa dikelompokkan yaitu struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal adalah merupakan sebuah perkerasan kaku atau perkerasan beton semen. Dapat dilihat pada **Gambar 2.3** adalah tipikal sebuah perkerasan beton semen



Gambar 2.3 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen (DPPW, 2003: 7)

Diantara komponen yang mempengaruhi kekuatan dan juga keawetan sebuah perkerasan beton semen adalah daya dukung, sifat dan juga kepekatan dari sebuah tanah dasar. Plat beton yang ada pada perkerasan beton semen memperoleh daya dukung dari perkerasannya. Dikarenakan lapis pondasi bawah bukan bagian utama yang menanggung beban maka tugas lapis pondasi bawahnya seperti yang berikut:

- Selama pelaksanaan digunakan sebagai perkerasan lantai kerja.
- Mengontrol efek kembang susut yang terjadi pada tanah dasar.
- Mengelakkan terjadinya intrusi dan pemompaan di plat seperti di rekahan dan juga di sambungan.
- Pelat mendapat sokongan seragam dan mantap dari lapis pondasi bawah.

Sifat kaku yang ada pelat beton semen dapat mendistribusikan beban pada bagian yang luas serta mewujudkan tegangan rendah untuk lapisan yang ada dibawahnya

2.6 Fungsi Lapisan Perkerasan

Lapisan perkerasan terbagi menjadi 4 bagian menurut Suprpto (2000 2), lapisan tersebut adalah lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan juga tanah dasar

Berikut merupakan peran dari empat lapisan perkerasan tersebut:

2.6.1 Lapis Permukaan (LP)

Perkerasan teratas adalah lapis permukaan. Fungsi dari lapis permukaan itu dikelompokkan menjadi 2 jenis, berikut penjelasannya:

a. Struktural

Secara struktural persyaratannya adalah haruslah kuat, kokoh dan juga stabil. Ini dikarenakan lapis permukaan menerima beban kendaraan secara vertikal dan horizontal (gaya geser) maka secara struktural lapis permukaan menyokong dan mendistribusikan beban kendaraan yang diperoleh perkerasan

b. Non struktural

- Berperan lapis aus, lapis yang bisa aus sampai nantinya bisa ditukarkan dengan sebuah lapis baru.
- Adalah sebuah lapisan yang kedap air untuk mengelakkan air masuk ke lapisan perkerasan dibawahnya
- Supaya kendaraan mendapat kenyamanan yang cukup ketika bergerak dikarenakan lapis permukaan tetap rata.
- Sebagai jaminan keselamatan lalu lintas, lapis permukaan membentuk lapis yang keset sampai terwujud koefisien gerak yang cukup

2.6.2 Lapis Pondasi Atas (LPA) atau Base Course

Letak posisi dari lapis pondasi atas adalah dibawahnya lapis permukaan dan diatasnya lapis pondasi bawah ataupun jika tak memakai lapis pondasi adalah dengan tanah. Berikut merupakan peran dari LPA:

- Sebagai lapis sokongan untuk menyokong lapis permukaan
- Sebagai lapisan yang bisa memikul beban vertikal dan juga horisontal
- Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah

2.6.3 Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau Subbase Course

Letak posisi dari lapis pondasi bawah adalah terletak dibawah lapis pondasi dan diatas tanah dasar. Lapisan ini berperan sebagai berikut:

- Sebagai pendistribusi beban yang ada pada roda
- Sebagai lapisan resapan
- Untuk mengelakkan tanah dasar masuk kebagian lapis pondasi

- Merupakan lapisan yang terawal dalam penggarapan perkerasan

2.6.4 Tanah Dasar (TD) atau Subgrade

Berperan sebagai perletakkan bagian-bagian lapis perkerasan yang lainnya. Tanah dasar adalah tanah yang dimampatkan dari permukaan tanah asli, galidan dan juga timbunan

2.7 Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987 (Bina Marga) untuk Perkerasan Lentur

Dalam merencanakan perkerasan lentur berikut merupakan tahapan menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987):

2.7.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur yang menerima lalu lintas paling besar adalah jalur rencana adalah diantara jalur lalu lintas dari sebuah ruas jalan. **Tabel 2.1** merupakan tabel untuk untuk mengetahui jumlah jalur lebar perkerasan yang ditentukan dari lebar perkerasan andaikata jalan tak mempunyai rambu batas jalur.

Tabel 2.1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 5,50 \text{ m}$	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

Sumber: DPU (1987:7)

Tabel 2.2 adalah untuk mendapatkan nilai koefisien distribusi kendaraan yang diperuntukkan untuk kendaraan ringan dan juga berat yang melalui jalur rencana

Tabel 2.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,450
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,400

Sumber: DPU (1987:7)

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) berat total > 5 ton, misalnya, bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

2.7.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Untuk menentukan angka ekuivalen (E) pada setiap klasifikasi beban sumbu, maka digunakan rumus yang terdapat di **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,005
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,086
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,194
11000	24251	3,3022	0,284
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,554
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,982
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber: DPU (1987:8)

2.7.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekuivalen

- Pada awal umur rencana menentukan LHR untuk setiap tipe kendaraan, yang dihitung untuk masing-masing arah pada jalan dengan median atau dua arah pada jalan tanpa median.
- Rumus berikut adalah untuk mendapatkan nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP):

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

Catatan : j = jenis kendaraan

- Rumus berikut adalah untuk mendapatkan nilai Lintas Ekuivalen Akhir (LEA):

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Catatan: i = perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

d. Rumus berikut adalah untuk mendapatkan nilai Lintas Ekvivalen Tengah (LET):

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$$

e. Rumus berikut adalah untuk mendapatkan nilai Lintas Ekvivalen Rencana (LER):

$$LER = LET \times FP$$

f. Berikut merupakan rumus untuk mendapatkan hasil Faktor penyesuaian (FP):

$$FP = UR/10$$

2.7.4 California Bearing Ratio (CBR) Segmen Jalan

Menurut Alamsyah (2001: 117) di dalam bukunya bahwa cara analitis atau cara grafis dapat menentukan nilai CBR Segmen. Setiap segmen itu sendiri digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan dengan total daya dukung tanah yang terwakilkan oleh 1 nilai CBR saja

Urutan cara dalam menentukan harga CBR secara grafis adalah seperti berikut:

- Menentukan harga CBR yang terendah yang terdapat pada data
- Cari dan kelompokkan nilai CBR yang sama dan atau lebih besar kemudian dimasukkan kedalam sebuah tabel dan penyusunan adalah dimulai dari nilai terkecil
- 100% diberikan kepada angka dengan jumlah yang terbanyak, sedangkan angka selanjutnya adalah persentase dari seratus
- Persentase jumlah tadi dengan harga CBR kemudian dibuat grafik hubungan antara keduanya.
- Tarik garis dari angka persentase 90%, dan itu lah nilai CBR Segmen yang didapat.

Berikut merupakan rumus dalam dalam menghitung secara analitis dalam menentukan harga CBR:

$$CBR \text{ segmen} = CBR \text{ rata-rata} - \frac{CBR \text{ max} - CBR \text{ min}}{R}$$

Pada **Tabel 2.4** dapat diketahui besaran nilai R yang bergantung dari berapa banyak data yang ada di dalam satu segmen CBR yang akan dihitung

Tabel 2.4 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
> 10	3,18

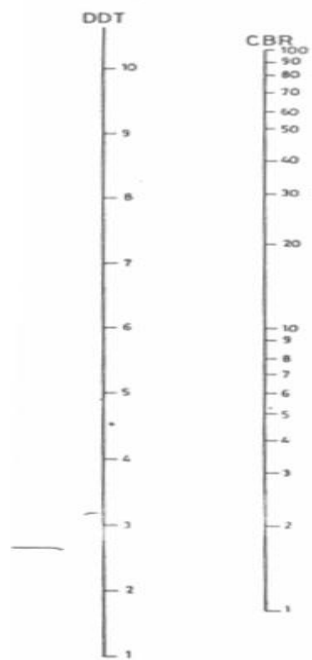
Sumber: Alamsyah (2001:117)

2.7.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR (California Bearing Ratio)

Untuk menentukan daya dukung tanah (DDT) menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987: 9) dibutuhkan sebuah grafik korelasi seperti yang terlihat pada **Gambar 2.4**. Harga CBR diperoleh dari CBR laboratorium atau lapangan

Tabung (undisturb) digunakan untuk pengambilan contoh tanah dasar jika pengujian adalah CBR lapangan, untuk mengetahui harganya maka haruslah direndam terlebih dulu. Pengukuran serta merta di lapangan dapat dilakukan ketika musim hujan/direndam. Pada umumnya, CBR lapangan digunakan untuk merencanakan lapis tambah. Sedangkan untuk jalan baru, digunakan CBR laboratorium. Untuk sementara ini, dianjurkan dengan pengukuran nilai CBR. Terdapat juga kaidah lain yang boleh dipakai jika pertanggungjawaban datanya bisa dipegang. Antara caranya adalah: Plate Bearing Test atau R-Value dan Group Index

Catatan: Tarik garis lurus mendatar nilai CBR ke sebelah kiri untuk memperoleh nilai DDT dengan menggunakan grafik di **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Korelasi DDT dan CBR (DPU, 1987:9)

2.7.6 Faktor Regional (FR)

Komponen-komponen seperti corak alinyemen yaitu landai dan tikungan, iklim yaitu curah hujan dan juga persentase dari kendaraan berat dan yang berhenti mempengaruhi faktor regional dalam menentukan tebal perkerasan seperti yang terdapat di **Tabel 2.5** dikarenakan permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase yang mempengaruhi keadaan lapangan mengikuti ketentuan yang ada pada "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi SKBI.2.3.26 ditafsir sama.

Tabel 2.5 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30%	≤ 30 %	> 30%	≤ 30 %	> 30%
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber: DPU (1987:10)

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawarawa FR ditambah dengan 1,0

2.7.7 Indeks Permukaan (IP)

Berikut merupakan nilai Indeks Permukaan disertai dengan arti:

IP = 2,5: adalah nilai untuk permukaan jalan yang masih baik dan cukup stabil

IP = 2,0: adalah nilai untuk tingkat pelayanan yang rendah untuk jalan yang masih bagus

IP = 1,5: adalah nilai untuk tingkat pelayanan yang rendah

IP = 1,0 : adalah nilai untuk permukaan rusak berat dan sangat mengganggu lalu lintas kendaraan

Tingkat keratan dan juga kekuatan permukaan yang mempunyai kaitan dengan tingkat pelayanan untuk lalu-lintas yang lewat merupakan nilai Indeks Permukaan.

Menurut **Tabel 2.6** pada akhir rencana dalam penentuan indeks permukaan perlu ditimbang beberapa faktor kategorisasi dilihat dari segi peran jalan dan juga total lintas ekivalen rencana (LER)

Tabel 2.6 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber: DPU (1987:10)

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam penentuan indeks permukaan pada awal umur rencana menurut **Tabel 2.7** haruslah dilihat terlebih dahulu type lapis permukaan jalan dari segi aspek kerataan dan kekuatan ketika awal umur rencana

Tabel 2.7 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
BURDA	3,9 - 3,5	< 2000
BURTU	3,4 - 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber: DPU (1987:11)

2.7.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Diantara komponen untuk menentukan secara korelasi koefisien kekuatan relatif (a) untuk setiap bahan dan juga fungsi tiap lapisan adalah kuat tekan dengan bahan stabilisasi semen atau kapur, angka Marshall Test dengan bahan beraspal atau CBR dengan bahan lapis pondasi bawah. Untuk pengukuran stabilitas bahan beraspal dapat menggunakan Hveem Test, Hubbard Field dan Smith Triaxial jika tidak ada alat Marshall Test, berikut di **Tabel 2.8** merupakan koefisien yang didapat

Tabel 2.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan		Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	
0,4	-	-	744	-	Laston
0,35	-	-	590	-	
0,35	-	-	454	-	
0,3	-	-	340	-	
0,35	-	-	744	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	
0,28	-	-	454	-	
0,26	-	-	340	-	
0,3	-	-	340	-	HRA
0,26	-	-	340	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,2	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	
-	0,24	-	340	-	
-	0,23	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	
-	0,15	-	-	22	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	
-	0,14	-	-	-	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	0,13	-	-	-	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	0,12	-	-	-	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,13	-	-	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,1	-	-	Tanah/lempung kepasiran

Sumber: DPU (1987: 12)

Catatan: Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21

2.7.2 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan.

1. Berikut merupakan batas minimum lapis Permukaan menurut **Tabel 2.9**

Tabel 2.9 Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber: DPU (1987: 13)

2. Berikut merupakan batas minimum lapis Pondasi menurut **Tabel 2.10**

Tabel 2.10 Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 30,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 - 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber: DPU (1987: 13)

3. Lapis Pondasi Bawah:

10 cm merupakan ketebalan minimum/terkecil bila pondasi bawah digunakan untuk setiap nilai ITP

2.7.3 Analisa Komponen Perkerasan

Berikut merupakan rumus dalam menentukan tebal perkerasan dalam ITP. Kekuatan relatif tiap lapis perkerasan jangka panjang adalah dasar dari perhitungan perencanaan

$$ITP = a1.D1 + a2.D2 + a3.D3$$

Dimana :

$a1, a2, a3$ = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D1, D2, D3$ = tebal masing-masing lapisan perkerasan (cm)

Angka 1, 2 dan 3 = masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

Sumber: SKBI-2.3.26.1987 (1987:15)

2.8 Metode Bina Marga 2003 untuk Perkerasan Beton Semen (Perkerasan Kaku)

Dalam merencanakan perkerasan kaku berikut merupakan tahapan yang ditetapkan oleh Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah (2003):

2.8.1 Tanah Dasar

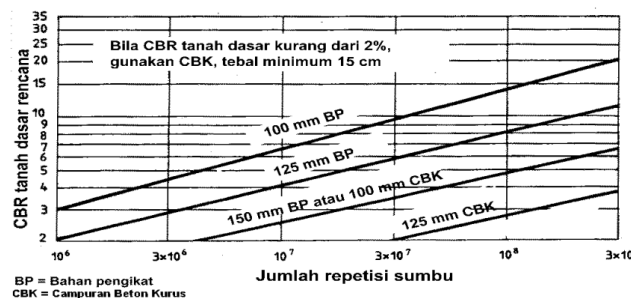
Pengujian CBR insitu dan CBR lab menurut masing masing SNI 03- 1731-1989 dan SNI 03-1744-1989 adalah demi menentukan daya dukung tanah dasar, tiap tiap dari berikut ini adalah demi merencanakan tebal perkerasan lama dan baru. Jika 2% atau kurang adalah nilai dari CBR tanah dasar maka otomatis memakai paduan beton kurus sebagai pondasi bawah. Ini disebabkan karena CBR tanah dasar efektif langsung dianggap mempunyai nilai 5%

2.8.2 Pondasi Bawah

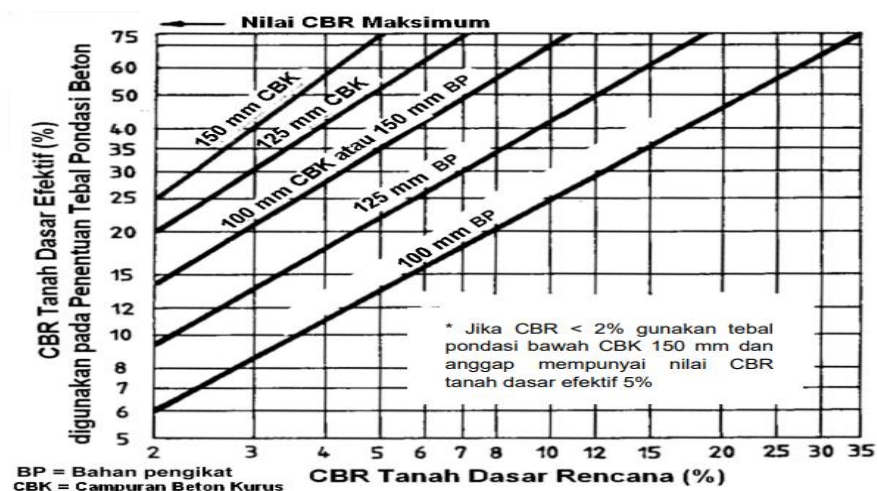
Bahan dengan butiran, campuran beton kurus dan stabilisasi dengan beton kurus giling padat merupakan antara bahan pondasi bawah

Untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif dapat digunakan pemasangan lapis pondasi yang mempunyai lebar sampai ke tepi luar lebar jalan. Kemudian tipe dan penetapan lebar dari lapisan pondasi serta memperkirakan tegangan pengembangan yang bisa saja terjadi adalah merupakan pertimbangan khusus untuk tanah ekspansif. Lapisan pada pondasi bawah mesti diperlebar hingga 60 centimeter di luar tepi perkerasan.

Ketebalan minimum dari tebal lapisan pondasi adalah sebesar 10 cm dengan mutu SNI dan juga AASHTO. Campuran Beton Kurus (CBK) harus digunakan pada pondasi bawah bilamana perkerasan yang dipakai adalah beton semen yang bersambung dan direncanakan tanpa ruji. Berikut di **Gambar 2.5** merupakan saran ketebalan minimum lapis pondasi bawah dan juga CBR tanah dasar efektif didapat dari **Gambar 2.6**



Gambar 2.5 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen
(DPPW, 2003: 8)



Gambar 2.6 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah (DPPW, 2003:8)

2.8.2.1 Pondasi Bawah CBK

Kuat tekan haruslah beton lima Mpa minus abu terbang sedangkan tujuh Mpa dengan abu terbang, seterusnya satu cm adalah ketebalan minimum yang merupakan ciri khas umur 28 hari untuk CBK

2.8.2.2 Lapis pemecah ikatan

Berikut merupakan gesekan berkoefisien dan juga tipe pemecah ikatan seperti yang terlihat di **Tabel 2.11** Tidak ada ikatan antara plat dengan pondasi bawah adalah dasar dari perencanaan ini

Tabel 2.11 Lapis Pemecah Ikatan

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan paraffin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

Sumber: DPPW (2003: 9)

2.8.3 Beton Semen

Dari pengetesan balok menggunakan pembebanan tiga titik yang kekuatannya secara umum adalah sekitaran 3–5 MPa yang didapatkan dari hasil kekuatan kuat tarik lentur yang berumur 28 hari. Serat baja, aramid dan serat karbon adalah bahan untuk serat penguat yang bertujuan memperkuat kuat tarik lentur beton yang harus memperoleh kuat tarik lentur sebesar 5–5,5 MPa. Kekuatan

rencana disebutkan sebagai kuat tarik lentur dengan karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa terdekat

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau}$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

f_c' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

Hasil uji juga dapat menentukan kuat tarik lentur menggunakan SNI sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam MPa atau}$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

f_{cs} = kuat tarik belah beton 28 hari

2.8.4 Lalu-lintas

Sepanjang umur rencana mengikut konfigurasi sumbu yang ada di lajur rencana, total sumbu pada kendaraan niaga menentukan beban lalu lintas rencana. Dibutuhkan data tahun terakhir atau dua tahun sebelumnya guna menghitung volume lalu lintas beserta konfigurasi sumbu bertujuan menganalisa lalu lintas. 5 ton merupakan berat total minimum untuk kendaraan yang dimonitor. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT), sumbu tunggal roda ganda (STRG), sumbu tandem roda ganda (STdRG) dan sumbu tridem roda ganda (STrRG) merupakan 4 jenis kelompok sumbu untuk konfigurasi sumbu perencanaan

a. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Untuk menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar maka digunakan lajur rencana. **Tabel 2.12** dapat digunakan jika jalan tak mempunyai tanda batas lajur untuk menentukan koefisien distribusi kendaraan

Tabel 2.12 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi
(C) Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 arah	2 arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,7	0,5
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,5	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,42
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,4

Sumber: DPPW (2003: 10)

b. Umur Rencana

Terdapat metode seperti *Benefit Cost Ratio* dan juga *Internal Rate of Return* ketika memilih umur rencana perkerasan jalan yang juga memerlukan beberapa pertimbangan dalam yaitu mengklasifikasi pola dari lalu lintas, fungsional jalan, serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. 20 tahun hingga 40 tahun merupakan umur rencana umum perkerasan beton semen yang dapat dirancang

c. Pertumbuhan Lalu lintas

Bertambahnya umur rencana maka volume lalu-lintas akan turut bertambah atau sehingga level ketika kapabilitas jalan tercapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas. Berikut merupakan rumus dalam mendapatkan faktor tersebut:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

Dengan pengertian :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan **Tabel 2.13**

Tabel 2.13 Faktor Pertumbuhan Lalu-lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	10,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: DPPW (2003: 11)

Rumus berikut digunakan untuk mendapatkan nilai R bilamana sesudah beberapa waktu terpilih (URm tahun) pertumbuhan lalu-lintas tak lagi berlaku:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} + (UR) \{ (1+i)^{UR} - 1 \}$$

Dengan pengertian :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

URm = Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

d. Lalu-lintas Rencana

Jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga yang terdapat di lajur rencana sepanjang umur rencana merupakan lalu-lintas rencana, mencakup distribusi beban di masing masing jenis sumbu kendaraan dan proporsi sumbu. Interval 10 kN (1 ton) merupakan interval yang digunakan untuk mengelompokkan beban suatu jenis sumbu secara tipikal bila diambil dari survei beban. Berikut merupakan rumus untuk menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dengan pengertian :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

C = Koefisien distribusi kendaraan

e. Faktor Keamanan Beban

Cara untuk menentukan beban rencana adalah dengan beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Karena terdapat banyak tingkatan reliabilitas perencanaan maka digunakan faktor keamanan beban seperti pada **Tabel 2.14**

Tabel 2.14 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

No.	Penggunaan	Nilai Fkb
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang lairan lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi.	1,2
	Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survei beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: DPPW (2003: 12)

2.8.5 Bahu

Pengaruh kinerja pada perkerasan dapat berlaku jika terdapat disimilaritas kekuatan di antara bahu dan jalur lalu lintas. Namun ia bisa diatasi dengan adanya bahu beton semen. Bahu itu sendiri bisa dibuat dengan atau tanpa lapisan tutup beraspal yang terbuat dari bahan dari lapisan pondasi bawah atau juga dapat dibuat dengan lapisan beton semen. Dengan bahu beton semen, maka akan dapat mengurangi tebal plat dan kinerja perkerasan dapat ditingkatkan. 1,5 meter merupakan lebar minimum dari bahu beton semen yang di *lock* dan diikat bersama lajur lalu lintas. Bisa juga bahu yang menjadi satu bersama lajur lalu lintas dengan kelebaran 0,6 meter yang juga meliputi kreb dan juga saluran

2.8.6 Sambungan

Diantara tujuan dari sambungan yang ada pada perkerasan kaku beton semen adalah agar pelaksanaan dapat dipermudah, gerakan plat dapat diakomodasi

dan juga pengendalian retak dan juga tegangan disebabkan oleh beban lalu lintas pengaruh lenting dan juga penyusutan dapat dibatasi.

Terdapat beberapa jenis sambungan pada perkerasan beton semen yaitu antara lainnya adalah sambungan isolasi, sambungan melintang dan juga sambungan memanjang. Pada kesemua sambungan perlu ditutup memakai bahan penutup sedangkan di sambungan isolasi haruslah dikasih bahan pengisi terlebih dulu

2.8.6.1 Sambungan memanjang tie bars

Batang ulir berdiameter 16 mm dengan mutu minimum BJTU 24 merupakan kelengkapan pada sambungan memanjang Jarak 3 hingga 4 meter merupakan jarak antar sambungan tersebut. Tujuan dari dipasangkannya sambungan memanjang ini adalah agar retak memanjang dapat dikendalikan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung ukuran batang pengikat atau tie bar:

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan}$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

Dengan pengertian :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm²).

b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

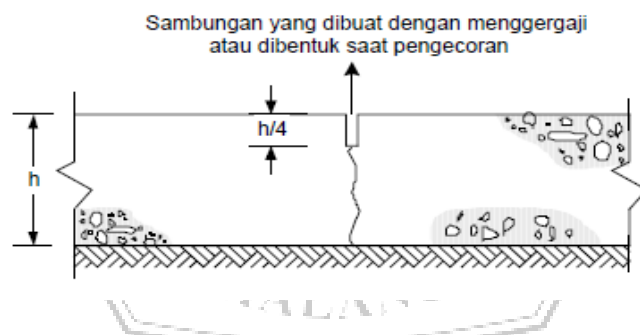
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

2.8.6.2 Sambungan susut melintang ruji dowel

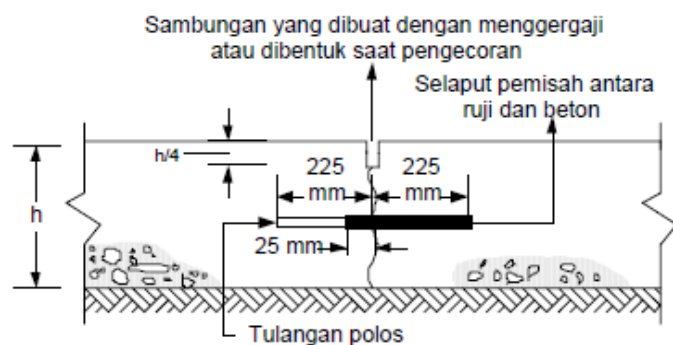
Untuk sambungan melintang, jarak antar ruji dowel adalah 300 mm dengan panjang ruji polos adalah 450 mm. 4 hingga 5 meter merupakan jarak sambungan untuk beton bersambung tanpa tulangan sedangkan 8 hingga 15 meter merupakan jarak sambungan untuk beton bersambung dengan tulangan mengikuti kemampuan pelaksanaan. Ruji dowel harus Agar tidak mempengaruhi gerakan bebas ketika plat beton menyusut, maka ruji dowel haruslah lurus dan bebas tonjolan tajam

Seperti pada **Gambar 2.7** dan **Gambar 2.8**, untuk stabilisasi semen maka kedalaman haruslah satu per tiga dari tebal plat sedangkan untuk pondasi dengan butiran kedalaman sambungan adalah mencapai satu per empat tebal plat. Kemudian agar tidak ada sebarang ikatan dengan beton maka menggunakan bahan anti lengket, setengah dari panjangnya ruji bukan ulir di cat atau di lumuri.

Seperti yang terlihat di **Tabel 2.15**, tebal plat mempengaruhi diameter ruji



Gambar 2.7 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.8 Sambungan Susut Melintang Dengan Ruji

Tabel 2.15 Diameter Ruji

No	Tebal Plat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber: DPPW (2003: 14)

2.8.7 Perencanaan Penulangan

Tujuan utama dari penulangan adalah agar biaya pemeliharaan dapat dikurangkan, agar dapat meningkatkan kenyamanan penggunaan plat lebih panjang dengan tujuan total sambungan melintang dapat berkurang dan agar lebar retakan dapat dibatasi supaya dapat mempertahankan kekuatan plat

Jarak sambungan susut mempengaruhi total tulangan diperlukan. Sedangkan untuk beton tulangan menerus, agar mengurangi sambungan susut maka perlu total tulangan yang mencukupi

2.8.7.1 Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Plat harus diberikan tulangan jika pengaturan pola sambungan tidak dapat menghindari bagian plat yang dimungkinkan mengalami retak disebabkan oleh konsentrasi tegangan. Penulangan juga harus dipasang agar retak dapat dikendalikan pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Secara umumnya penerapan ulangan dilaksanakan pada pelat yang sambungannya tidak sejalur atau *mismatched joint*, pelat mempunyai lubang atau *pits or structures* dan pelat yang mempunyai bentuk tidak lazim *odd shaped slabs*, jika perbandingan di antara panjang dan lebar lebih besar 1,25 sebab tidak lazim dan juga jika plat tidak berupa bujur sangkar sempurna maupun tidak empat persegi panjang sempurna pada pola sambungan disebut tak lazim

2.8.7.2 Perencanaan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan

Berikut merupakan persamaan untuk luas penampang tulangan:

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dengan pengertian:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g = gravitasi (m/detik^2).

h = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M = berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

2.9 Rencana Anggaran Biaya

2.9.1 Analisis Harga Satuan Dasar

HSD untuk tenaga kerja, HSD untuk alat dan juga HSD untuk bahan menurut KemenPU (2016: 493) merupakan komponen yang dibutuhkan dalam menyusun harga satuan pekerjaan atau HSP. Dibawah ini merupakan langkah dalam menghitung harga satuan dasar komponen harga satuan pekerjaan:

2.9.1.1 Langkah perhitungan HSD tenaga kerja

Diperlukan dengan tujuan menetapkan terlebih dulu rujukan harga standar upah sebagai harga satuan dasar untuk tenaga kerja guna untuk menghitung HSP

Berikut ini merupakan tata cara untuk menghitung:

- a) Sebagai contoh untuk kepala tukang, tukang, mandor atau pekerja ditentukan berdasarkan keterampilan tenaga kerja masing-masing

- b) Mensurvei data upah di tempat yang berhampiran dan berlaku untuk daerah tempat lokasi pekerjaan dikerjakan. Data yang dikumpulkan haruslah mengikuti peraturan daerah (Gubernur, walikota, bupati)
- c) Biaya lain seperti untuk transportasi, penginapan dan juga biaya makan harus diperhitungkan jika mendatangkan tenaga kerja dari luar
- d) Total jam efektif satu hari seperti 7 jam dan juga berapakah total hari efektif bekerja dalam satu bulan seperti 24 hingga 26 hari ditentukan
- e) Upah untuk masing masing jam per orang dihitung untuk mendapatkan biaya upah
- f) Biaya upah per jam di rerata untuk mendapatkan hasil upah rerata per jam
- g) Hasil dari nilai rerata biaya upah minimum yang didapat haruslah sejajar dengan upah minimum regional di daerah setempat

2.9.1.2 Langkah perhitungan HSD alat

Biaya operasi setiap satu jam juga biaya pasti setiap satu jam merupakan cakupan dari HSD alat. Tata cara dalam perhitungan HSD alat adalah seperti berikut:

- a) Langkah dalam perhitungan biaya pasti setiap satu jam adalah sebagaimana berikut:
 - 1) Nilai sisa alat haruslah dihitung
 - 2) Kemudian hitung faktor angsuran modal
 - 3) Biaya pengembalian moda dihitung
 - 4) Biaya asuransi dihitung
 - 5) Menghitung berapakah biaya pasti
- b) Langkah dalam perhitungan biaya operasional adalah sebagaimana berikut
 - 1) Menghitung berapakah biaya bahan bakar
 - 2) Biaya pelumas dihitung untuk mendapatkan hasil rupiah
 - 3) Biaya bengkel dihitung
 - 4) Turut memperhitungkan biaya perawatan atau perbaikan
 - 5) Biaya operator dihitung
 - 6) Menghitung berapakah biaya pembantu operator

7) Biaya operasi per jam dihitung

2.9.1.3 Langkah perhitungan HSD bahan

Dalam menghitung harga satuan pekerjaan menurut KemenPU (2016: 495) harga standar bahan atau harga satuan dasar bahan per satuan pengukuran standar haruslah ditetapkan terlebih dulu rujukannya

Berikut merupakan tata cara perhitungan harga satuan dasar bahan baku:

- 1) Tetapkan harga setempat bahan yang bersangkutan di pabrik, di *quarry* atau di pelabuhan dan tentukan juga tempat bahan bersangkutan apakah di *quarry*, pabrik atau pelabuhan.
- 2) Bahan baku tersebut dicatat harga dan juga jarak dari *quarry* dan kemudian di tabelkan dan juga diberikan simbol untuk setiap bahan baku
- a) Untuk perhitungan harga satuan dasar bahan olahan berikut merupakan langkahnya:

Contoh ialah dengan menggunakan alat yang berbeda yaitu 1: stone crusher dan 2: wheel loader, batu kali menjadi agregat kasar dan agregat halus

Diperlukan data lain dalam menghitung bahan olahan yaitu:

- Contoh apabila bahan dasar seperti batu diambil dari *quarry* maka diperlukan jarak *quarry*
- Untuk bahan baku atau bahan dasar diperlukan harga satuan dasar
- Diperlukan harga satuan dasar alat
- Diperlukan harga satuan dasar tenaga kerja
- Kapasitas alat
- Diperlukan faktor efisiensi dari alat produksi
- Diperlukan faktor kehilangan bahan

Berikut ini merupakan tata cara dalam menghitung harga satuan dasar bahan olahan:

- 1) Dalam persen, proporsi dari bahan-bahan olahan yang akan diproduksi harus ditetapkan semisal K% adalah untuk agregat kasar dan juga H% untuk agregat halus

- 2) Bahan olahan yang diproduksi kemudian ditetapkan berat isinya contohnya D_1 dan juga D_2
- 3) Transaksi pembelian untuk bahan baku haruslah diasumsikan, di loko ataupun franco di *basecamp*. Dari *quarry*, pelabuhan ataupun pabrik harus ditetapkan harga satuan bahan baku seperti contoh harga bahan baku Rp_1 per m^3
- 4) Tetapkan alatan dan biaya sewanya atau biaya operasinya, masing-masing yang kan dipakai untuk mengolah bahan baku menjadi bahan olahan, untuk harga di basecamp atau di lokasi pekerjaan. sebagai contohnya biaya produksi bahan olahan dengan alat 1 (Rp_2) per jam, dan biaya dengan alat 2 (Rp_3) per jam
- 5) Untuk setiap alat kemudian ditetapkan kapasitas alat dalam satuan m^3
- 6) Mengikut kondisi alat maka faktor efisiensi alat (Fa) untuk masing-masing
- 7) Kemudian faktor kehilangan (Fh) ditetapkan
- 8) Metode pelaksanaan bahan olahan dari bahan baku kemudian diuraikan
- 9) 1 jam ditetapkan untuk waktu kerja alat
- 10) Hitung produksi alat 1 (Qb) dan kebutuhan bahan baku (Qsg) selama satu jam.
Produksi alat 1 selama 1 jam : $Qb = Fa \times Cp_1 / D_2$. Kebutuhan bahan selama 1 jam : $Qg = Fa \times Cp_1 / D_1$
- 11) Hitung kapasitas alat 2 untuk melayani alat 1. Kapasitas angkut per rit: $Ka = Fa \times Cp_2$ dalam satuan m^3
- 12) Tetapkan waktu siklus (muat, ruang, tunggu dll): $Ts = 2$ menit
- 13) Hitung waktu kerja alat 2 memasok bahan baku : $Tw = (Qg / Ka \times Ts) / 60$, dalam satuan menit
- 14) Biaya produksi $Bp = Ts \times Rp_2 + Tw \times Rp_3 / Qb$ dalam satuan rupiah / m^3
- 15) Harga satuan bahan olahan : $Hsb = (Qg / Qb \times Fh \times Rp_1) + Bp$, dalam satuan rupiah / m^3

Tata cara perhitungan HSD bahan jadi

- 1) Lokasi bahan bersangkutan ditetapkan apakah di pelabuhan ataupun di pabrik dan juga menetapkan harga setempat dari bahan bersangkutan
- 2) Biaya untuk transportasi dan juga bongkar bahan jadi, biaya untuk membuat bahan jadi dihitung dalam per satuan bahan jadi

- 3) Di basecamp ataupun di lokasi pekerjaan harga diterima kemudian bahan jadi yang sudah dicatat harga kemudian diberikan simbol dan juga di tabelkan

2.9.2 Analisis harga satuan pekerjaan (HSP)

Diperlukan data harga satuan dasar upah, alat dan juga bahan dalam menyusun harga satuan pekerjaan, menurut KemenPU (2016: 497)

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam analisis harga satuan pekerjaan:

- a) Melakukan asumsi
- b) Metode kerja atau pekerjaan diurutkan
- c) Menganalisis pemakaian dari bahan, alat dan tenaga kerja
 - a. Menganalisis koefisien dari bahan
 - b. Menganalisis koefisien dari alat
 - c. Menganalisis koefisien dari tenaga kerja
 - d. Perekaman analisa harga satuan dilakukan

Hasil perkalian perkiraan volume pekerjaan dengan perkiraan harga satuan pekerjaan merupakan nilai finansial proyek menurut Syah (2004: 136)

Komponen yang krusial dan juga fundamen adalah harga satuan pekerjaan untuk proyek yang berskala besar yang pelaksanaannya memakan jangka waktu lama (*Multi years Contract*). Ikatan kontrak ini berdasarkan nilai harga satuan pekerjaannya karena dalam bentuk *Unit Price Contract*.

Nilai finansial proyek pada akhir pelaksanaan akan dapat berubah ubah karena mengikut real kebutuhan dan juga pertimbangan teknik volume pekerjaan dapat berubah ubah selama proyek berlangsung

Berikut merupakan contoh perhitungan rencana anggaran biaya dalam merencanakan perkerasan:

Cara Menghitung Volume pekerjaan

Tebal Perkerasan = (T) m

Lebar = (L) m

Panjang = (P) m

Volume = (T) x (L) x (P) = X m³

Diketahui Berat Jenis Aspal = Yt/m³

Volume = X m³ x BJ Aspal Y t/m³ = Z ton

Biaya Pekerjaan

Biaya = Volume x Harga Satuan Pekerjaan
= Rp.



Tabel 2.16 Contoh Analisis Harga Satuan Beraspal (Laston Lapis Aus AC-WC)

No	Uraian	Kode	Koef	Satuan	Keterangan
I	ASUMSI				
1.	Menggunakan alat berat (cara mekanik)				
2.	Lokasi pekerjaan : sepanjang jalan				
3.	Kondisi existing jalan : sedang				
4.	Jarak rata-rata Base Camp ke lokasi pekerjaan	L	KM	KM	
5.	Tebal Lapis (AC-WC L) padat	T	M	M	
6.	Jam kerja efektif per-hari	Tk	Jam	Jam	
7.	Faktor kehilangan material:				
	- Agregat	Fh1			
	- Aspal	Fh2			
8.	Berat isi Agregat (padat)	Bip	Ton/m3	Ton/m3	
9.	Berat Isi Agregat (lepas)	Bil	Ton/m3	Ton/m3	
10.	Komposisi campuran AC-WC:	5-	%	%	
		10&10-15			
	- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 15 mm	15			Gradasi harus memenuhi spesifikasi
	- Agregat Pecah Mesin 0 - 5 mm	0-5	%	%	
	- Semen	FF	%	%	
	- Asphalt	As	%	%	
	- Anti Stripping Agent	Asa	%	%	
11.	Berat isi bahan:				
	- AC-WC	D1	Ton/m3	Ton/m3	
	- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 15 mm	D2	Ton/m3	Ton/m3	
	- Agr Pch Mesin 0 - 5 mm	D3	Ton/m3	Ton/m3	
12.	Jarak Stock pile ke Cold Bin	1	Km	Km	
II	URUTAN KERJA				
1.	Wheel Loader memuat Agregat ke dalam Cold Bin AMP				
2.	Agregat dan aspal dicampur dan dipanaskan dengan AMP untuk dimuat langsung kedalam Dump Truck dan diangkut ke lokasi pekerjaan				
3.	Campuran panas AC dihampar dengan Finisher dan dipadatkan dengan Tandem & Pneumatic Tire Roller				
4.	Selama pemadatan, sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dengan menggunakan Alat Bantu.				
III					
1.	PEMAKAIAN BAHAN, ALAT DAN TENAGA				
	BAHAN				
1.a	Agr 5-10 & 10-15 = ("5-10&10-15" x Fh1) : D2	(M92)	0,2978	M3	
1.b	Agr 0-5 = ("0-5" x Fh1) : D3	(M921)	0,3523	M3	

Tabel 2.16 Contoh Analisis Harga Satuan Beraspal (Laston Lapis Aus AC-WC)
(Lanjutan)

No	Uraian	Kode	Koef	Satuan	Keterangan
1.c	Semen = (FF x Fh1) x 1000	(M05)	9,8700	Kg	
1.d	Aspal = (As x Fh2) x 1000	(M10)	62,8300	Kg	
1.e	Anti Stripping Agent = (Asa x As)	(M66)	0,19	Kg	
2.	ALAT				
2.a	WHEEL LOADER	(E15)			
	Kapasitas bucket	V	1,50	M3	Panduan
	Faktor bucket	Fb	0,85		
	Faktor efisiensi alat	Fa	0,83		
	Waktu Siklus T1 + T2 + T3	Ts1			
	- Kecepatan maju rata rata	Vf	15,00	Km/jam	Panduan
	- Kecepatan kembali rata rata	Vr	20,00	Km/jam	Panduan
	- Muat ke Bin = (l x 60) / Vf	T1	0,20	Menit	
	- Kembali ke Stock pile = (l x 60) / Vr	T2	0,15	Menit	
	- Lain - lain (waktu pasti)	T3	0,75	Menit	
		Ts1	1,10	Menit	
	Kap. Prod. / jam = $\frac{V \times Fb \times Fa \times 60 \times Bip}{Ts1}$	Q1	92,36	Ton	
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q1	(E15)	0,0108	Jam	
2.b	ASPHALT MIXING PLANT (AMP)	(E01)			
	Kapasitas produksi	V	60,00	Ton/jam	
	Faktor Efisiensi alat	Fa	0,83		
	Kap.Prod. / jam = V x Fa	Q2	49,80	Ton	
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q2	(E01)	0,0201	Jam	
2.c	GENERATORSET (GENSET)	(E12)			
	Kap.Prod. / Jam = SAMA DENGAN AMP	Q3	49,80	Ton	
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q3	(E12)	0,0201	Jam	
2.d	DUMP TRUCK (DT)	(E08)			
	Kapasitas bak	V	3,50	Ton	
	Faktor Efisiensi alat	Fa	0,80		
	Kecepatan rata-rata bermuatan	V1	20,00	Km/jam	
	Kecepatan rata-rata kosong	V2	30,00	Km/jam	
	Kapasitas AMP / batch	Q2b	1,00	Ton	
	Waktu menyiapkan 1 batch AC-BC	Tb	1,00	Menit	
	Waktu Siklus	Ts2			
	- Mengisi Bak = (V : Q2b) x Tb	T1	3,50	Menit	
	- Angkut = (L : v1) x 60 menit	T2	26,18	Menit	
	- Tunggu + dump + Putar	T3	15,00	Menit	
	- Kembali = (L : v2) x 60 menit	T4	17,45	Menit	
	-	Ts2	62,13	Menit	
	Kap.Prod. / jam = $\frac{V \times Fa \times 60}{Ts2}$	Q4	2,70	Ton	
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q4	(E08)	0,3698	Jam	
2.e	ASPHALT FINISHER	(E02)			
	Kecepatan menghampar	V	5,00	m/menit	
	Faktor efisiensi alat	Fa	0,83		
	Lebar hamparan	b	3,15	meter	
	Kap.Prod. / jam = V x b x 60 x Fa x t x D1	Q5	72,79	ton	
		(E02)	0,0137	jam	

Tabel 2.16 Contoh Analisis Harga Satuan Beraspal (Laston Lapis Aus AC-WC)
(Lanjutan)

No	Uraian	Kode	Koef	Satuan	Keterangan
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q5	(E17)			
2.f	TANDEM ROLLER				
	Kecepatan rata-rata alat	V	1,50	km/jam	
	Lebar efektif pemadatan	b	1,48	m	
	Jumlah lintasan	n	6,00	lintasan	
	Lajur lintasan	N	3,00		
	Faktor Efisiensi alat	Fa	0,83		
	Lebar Overlap	bo	0,30	m	
	Apabila $N < 1$				
	Kap. Prod. / jam = $\frac{(v \times 1000) \times b \times t \times Fa \times D1}{n}$	Q6	0,0000	ton	
	Apabila $N > 1$				
	Kap. Prod. / jam = $\frac{(v \times 1000) \times (N(b-b_0)+b_0) \times t \times Fa \times D1}{n}$		73,94		
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q6	(E17)	0,0135	jam	
2.g	PNEUMATIC TIRE ROLLER	(E18)			
	Kecepatan rata-rata	v	2,50	km/jam	
	Lebar efektif pemadatan	b	1,99	m	2 awal & 4 akhir
	Jumlah lintasan	n	6,00	lintasan	
	Lajur lintasan	N	3,00		
	Lebar Overlap	bo	0,30	m	
	Faktor Efisiensi alat	Fa	0,83		
	Kap. Prod./jam = $\frac{(v \times 1000) \times (N(b-b_0)+b_0) \times t \times Fa \times D1}{n}$	Q7	172,34	ton	
	Koefisien Alat/ton = 1 : Q7	(E18)	0,0058	jam	
2.h	ALAT BANTU				Lump Sum
	- Rambu = 2 buah				
	- Kereta dorong = 2 buah				
	- Sekop = 3 buah				
	- Garpu = 2 buah				
	- Tongkat Kontrol ketebalan hanparan				
3.	TENAGA				
	Produksi menentukan : A M P	Q2	49,80	M2/jam	
	Produksi AC-WC / hari = Tk x Q2	Qt	348,60	M2	
	Kebutuhan tenaga :				
	- Pekerja	P	10,00	Orang	
	- Mandor	M	1,00	Orang	
	Koefisien Tenaga / ton :				
	- Pekerja = (Tk x P) / Qt	(L01)	0,2008	Jam	
	- Mandor = (Tk x M) / Qt	(L03)	0,0201	Jam	

Sumber: KemenPU (2016: 547)

Tabel 2.17 Contoh Pengisian Formulir Untuk Perekaman Harga Satuan Pekerjaan
(Laston Lapis Aus AC-WC)

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A TENAGA					
1	Pekerja (L01)	Jam	0,2008	4.657,31	935,20
2	Mandor (L03)	Jam	0,0201	7.281,29	146,21
	Jumlah Harga Tenaga	Rp			1.081,41
B BAHAN					
1	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,2978	152.874,38	45.532,88
	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,3523	166.811,57	58.770,80
2	Semen (M05)	Kg	9,8700	550,00	5.428,50
	Aspal(M10)	Kg	62,8300	6.400,00	402.112,00
3					
4	Jumlah Harga Bahan	Rupiah			511.844,18
C PERALATAN					
1	Wheel Loader (E15)	Jam	0,0108	253.964,94	2.749,84
2	AMP (E01)	Jam	0,0201	4.818.593,08	96.758,90
3	Genset (E12)	Jam	0,0201	277.104,99	5.564,36
4	Dump Truck (E09)	Jam	0,3698	212.812,53	78.696,30
5	Asp. Finsiher (E02)	Jam	0,0137	820.779,19	11.276,35
6	Tandem Roller (E17)	Jam	0,0135	379.339,78	5.130,16
7	P. Tyre Roller (E18)	Jam	0,0058	335.558,22	1.946,42
8	Alat Bantu	Ls	1,0000	0,00	0,00
	Jumlah Harga Peralatan	Rupiah			202.122,32
D	Jumlah Harga (A+B+C)	Rupiah			715.047,92
E	Overhead & Profit 10% x D	Rupiah			107.257,19
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)	Rupiah			822.305,10

Sumber: KemenPU (2016: 549)